

# 某电厂#4机组漏真空的处理

## 兰平

(神华神皖安庆皖江发电有限责任公司 安徽安庆市 246008)

摘要：机组运行真空严密性不达标，负荷 800MW 时真空严密性试验结果通常在 780~660Pa/min（设计标准 270Pa/min）。采用氦质谱仪查漏，查出主汽门调门进汽 U 型环漏汽。

关键词：主汽门；U 型密封环漏汽；氦质谱仪查漏；消除漏点；真空度达标

### 一、设备概述

#4 机组汽轮机为上海汽轮机有限公司和德国 SIEMENS 公司联合设计制造的超超临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽、单背压、反动凝汽式汽轮机，型号为：N1000-28/600/620。

高压缸采用单流双层缸，内缸为垂直纵向平分面结构，外缸为无中分面的圆筒形结构，前后外缸通过高压螺栓沿周向连接。主汽门调门位于高压缸两侧，在水平中心位置与高压缸用大罩螺母刚性连接。中压缸采用双流双层缸，中压高温进汽仅局限于内缸的进汽部分，中压外缸只承受中压排汽的较低压力和较低温度。再热蒸汽进汽口在水平中心两侧切向进汽。中压联合汽门位于中压外缸下半缸两侧，在水平位置用法兰连接。低压缸采用双流双层缸，低压外缸和低压内缸均采用钢板焊接结构。

### 二、漏气原因分析

#### 2.1 多维检查漏点

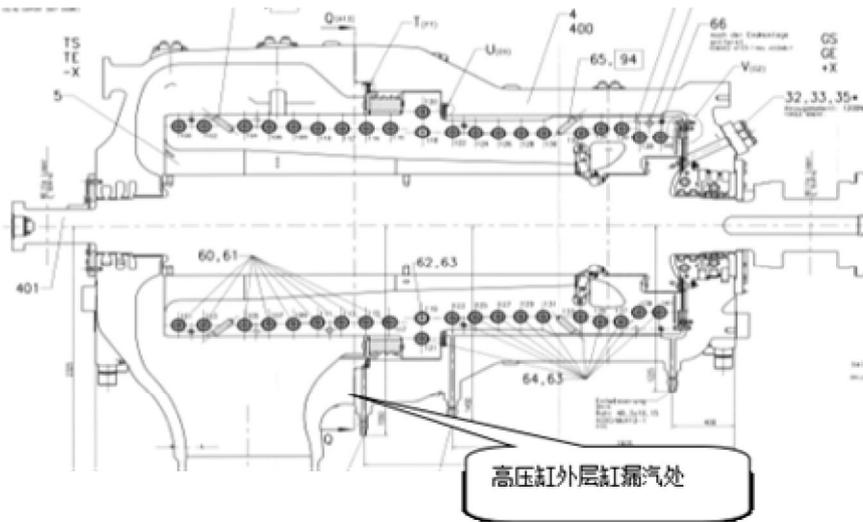


图 1 上海某厂高压缸中分面泄漏点示意图

#### 2.3 氦质谱仪查漏分析

#4 机组运行停机后，对凝汽器汽侧灌水，排查疏水管、阀泄漏对机组真空的影响，并查到 20 立方疏水扩容器集管有焊缝泄露。运行中查出 B 小机防爆门泄露，A 低压缸前后轴封漏气，B 低压缸调端右侧安全膜等大的泄露点泄

#4 机组真空严密性不达标，负荷 800MW 时真空严密性试验结果通常在 780~660Pa/min（设计标准 270Pa/min）。机组运行及停机期间多次开展真空检查（灌水查漏、氦质谱仪查漏、运行排查系统管路等）和有关试验（分别隔离真空泵组检查出力等），邀请北京怡丰哈勃（超声波特征量检测）、皖能运检维护（氦质谱仪查漏）等单位协助检查。历次检查发现了大机低压缸间推拉杆、低压缸猫爪端盖、大机低压缸轴封、小机防爆门、主机轴封疏水阀门门杆、小机轴封等处存在泄漏点，对可在线处理的漏点均进行封堵，但真空值仍然不达标。说明 #4 机组关键漏点还未真正处理，需进一步采用排除法。

#### 2.2 同类型机组对比，异常分析

#4 机组和 #3 机组同负荷运行时的真空值相差大。#4 机组启动了 3 台真空泵。通过对西门子机组设备结构的分析并参考同类型机组的查漏报告，发现高压外缸套筒的接合面也可能造成空气泄漏。

露。

鉴于以往已多次对高、中压缸体外部进行检查，此次利用氦质谱仪对大机缸体进行真空查漏时，用不锈钢管分别沿着缸体下部 U 型密封环疏水管插入高、中压缸保温内部进行喷氦气，由于高压缸缸体保温严密性较好，氦

气会进入后会长时间停留在缸体和保温的夹层中，检测发现高压外缸与主调门连接处存在较大漏点。

2.4 系统再次检测分析：

a、对氦质谱仪进行缸体检查前检测（直接用氦气距离质谱仪吸枪 20mm 进行喷射），仪器基准值  $1.9E-07$ ，对明显漏点反应值  $1.6E-04$ 。

b、将质谱仪吸枪对准#4机真空泵汽水分离器排放口，依次沿着缸体下部U型密封环疏水管插入缸体保温内部进行喷氦，氦质谱仪检测出漏率最大值达到 $1.7E-04$ ，一段时间后数值回到 $5.9E-07$ 。

2.5 综合分析结论：

a、当氦气从高压外缸 U 型密封环漏汽接管处喷入时，质谱仪反应不强烈，说明外缸套筒的接合面漏真空

可能性不大，该点异于同类机组。

b、当氦气从左高压调门罩螺母处喷入时，质谱仪反应强烈，说明补汽阀法兰、高压调门罩螺母处漏真空可能很大。

c、当氦气从右高压调门罩螺母处下部喷入时，质谱仪反应强烈。

d、从中压缸 U 型环漏汽疏水管喷入氦气，质谱仪无反应，可排除中压外缸漏真空可能性。

三、确认漏点的位置

对高压缸底部 U 型密封环漏汽接口管路进行排查，位置图如图 2 所示，发现序号 2、3、4、5 四根 U 型密封环漏汽接口均接至同一集管后排入凝汽器，序号 1 与中压缸 U 型密封环漏汽接口并入另一集管后排入凝汽器。

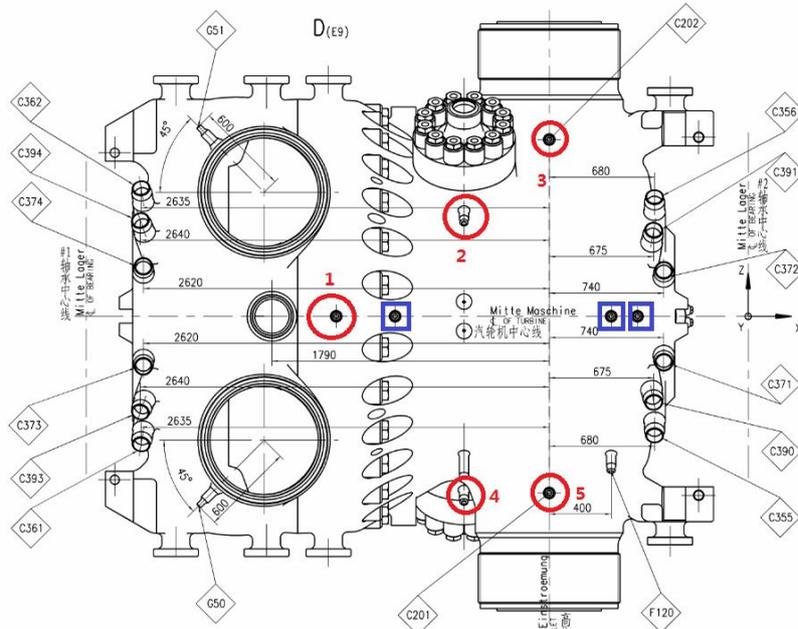


图 2 高压缸底部 U 型密封环漏汽接口位置图

1--高压外缸缸体 U 型密封环漏汽接口；2、4--补汽阀进汽密封环漏汽接口；  
3、5--主汽调门进汽 U 型环漏汽接口；蓝色--为缸体疏水管接口。

同类型机组比对：#3 机和#4 机主汽调门进汽 U 型环漏汽集管进行测温（测温点距离凝汽器接口 1 米处），测得温度如下：#3 机组  $46^{\circ}\text{C}$ 、#4 机组  $270^{\circ}\text{C}$ 。确认#4 机主汽调门进汽 U 型环漏汽，U 型环现场照片如图 3 所示。

上汽机组设计 U 型环目的在于利用金属环内外部的压力差使得 U 型环发生膨胀并密封，U 型密封环漏汽接至凝汽器主要是考虑密封环泄漏可能性很小，即使出现少量泄漏也会排至凝汽器凝结，不会影响真空系统运行。高压进汽为两道 U 型环，相当于设计了两道密封，内圈 U 型环内部为高压缸进汽，外侧为内外缸夹层蒸汽，外圈 U 型环内部为内外缸夹层蒸汽，外部为凝汽器负压。

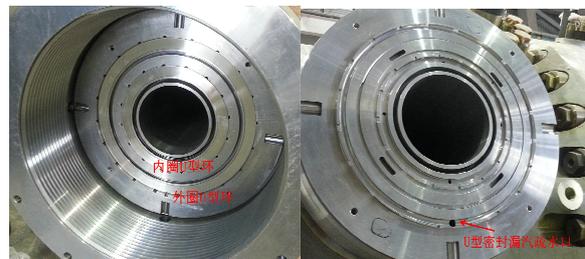


图 3 U 型环现场照片

根据测量结果，结合#3、4 机组疏水管路温度的差异可判断：

1、机组正常运行后，由于高压缸体温度升高、金属受热膨胀，导致高压进汽调门罩螺母螺纹紧力下降，高压进汽插管与内缸接触平面处密封性能下降（上图粉色

位置),如图4剖面图所示。外部空气从漏入→经外圈U型密封环根部→通过U型密封环漏汽管路→漏入凝汽器,漏入的空气被缸体高温加热,所以测得U型密封环疏水管路达160℃、350℃(排除缸体对管热传热的影响,

#3机组同样位置处测得温度46℃),且空气进入缸体内被凝汽器快速抽吸,被加热时间较短,漏入空气量越大,空气上升的温度越低,漏量大。

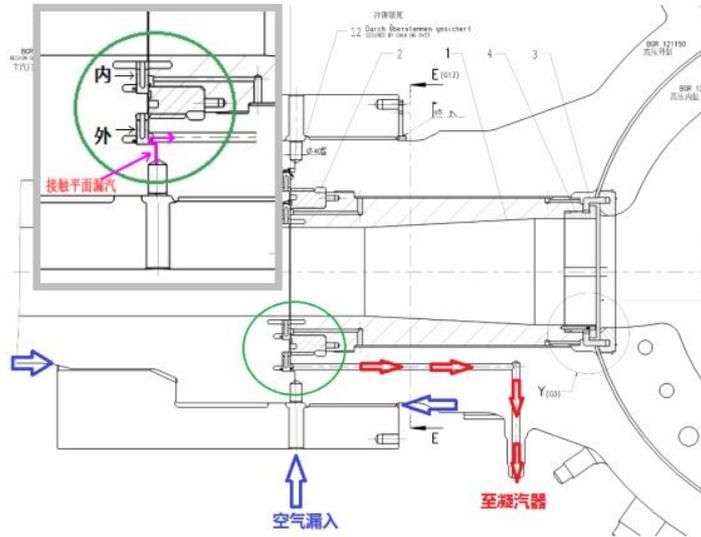


图4 漏气示意图

2、由于左、右侧高压进汽U型密封环运行中紧力不够、未完全涨开或U型密封环触平面有缺陷等,会造成外圈U型密封环处发生微量泄漏,内外缸夹层之间有少部分蒸汽通过U型密封环漏汽管路漏入凝汽器中,同样会造成疏水管路温度偏高,但蒸汽会在凝汽器中迅速凝结,不会对系统真空产生太大影响。

四、处理方案

1、查阅图纸。U型密封环漏汽接口尺寸1 1/2 Sch.xxs,材质ASTM A739GR.B22;现场实测U型密封环漏汽疏水接

管尺寸Φ48×5mm,4个支管汇到Φ114×6mm进入凝汽器,材质P91。

2、检修处理。将高压调门U型密封环漏汽至凝汽器疏水管上加一个DN100截止阀(DN100,P91或12Cr1MoV);DN100截止阀前再加一个变径三通;DN50截止阀疏水至地沟。对高压进汽调门罩螺母复紧。

设备异动简图如图5所示:

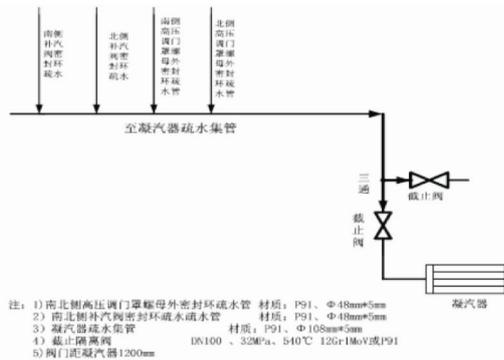


图5 设备异动简图

五、结论

本次针对#4机组真空泄露的处理,经机组运行检验,机组真空度明显提高,真空值符合设计标准,说明制定的施工方案正确。造成#2轴瓦温度温度高原因如下:

(1) 机组正常运行后,高压缸受热膨胀导致高压进汽调门罩螺母螺纹紧力下降,高压进汽插管与内缸接触平面处密封性能下降,从而产生露气,导致真空被破坏。

(2) 由于U型密封环运行中紧力不够、未完全涨开或U型密封环触平面有缺陷,从而导致外圈U型密封环处产生泄漏现象,部分蒸汽会通过U型密封环漏汽管路漏入凝汽器中。

作者简介: 兰平(1968.10-),男,汉,安徽安庆人,大专,汽轮机本体高级技师,主要负责汽轮机故障处理。